

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Peter Škrlj

**Evalvacija vhodnih naprav za
upravljanje pogleda v 3D prostoru**

DIPLOMSKO DELO
UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: doc. dr. Matija Marolt

Ljubljana, 2014

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja. Za objavljanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil \LaTeX .

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

V okviru diplomskega dela izvedite primerjalno študijo uporabnosti vhodnih naprav: miške, 3D miške in brezdotičnega vmesnika Leap Motion za upravljanje pogleda v 3D prostoru. Za izvedbo testa nadgradite vizualizacijsko okolje NeckVeins s podporo za te naprave in za izvedbo testiranja. Izvedite uporabniško študijo, kjer uporabnost naprav ocenite z opazovanjem uporabnikov pri reševanju manipulacijskih nalog in s standardnim testom SUS.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Peter Škrlj, z vpisno številko **63100271**, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Evalvacija vhodnih naprav za upravljanje pogleda v 3D prostoru

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Matije Marolta,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 1. septembra 2014

Podpis avtorja:

Rad bi se zahvalil mentorju doc. dr. Matiji Maroltu in asistentu mag. Cirilu Bohaku za strokovno pomoč, nasvete in usmerjanje pri izdelavi tega dela kot tudi za pomoč pri izvedbi evalvacije.

Hvala Asji za vso moralno podporo, potrpežljivost in vzpodbudo, ki mi jo je nudila vsa ta leta.

Posebna zahvala gre tudi staršem in ostalim članom družine, ki so me med študijem podpirali in verjeli vame.

Kazalo

Povzetek

Abstract

1	Uvod	1
2	Pregled aplikacije	5
2.1	Upravljanje z miško in tipkovnico	7
2.2	Upravljanje s 3D-miško	8
2.3	Upravljanje z Leap Motion	10
2.4	Opis implementacije rotacij s kvaternioni	11
3	Opis metodologije za ocenjevanje uporabniške izkušnje	13
3.1	Načrt evalvacije	13
3.2	O vprašalnikih SUS	20
3.3	Pregled vprašalnika	22
3.4	Opis sprememb pri končnem eksperimentu	24
4	Analiza pridobljenih rezultatov	27
4.1	Povzetek testiranja	27
4.2	Predstavitev rezultatov anket	27
4.3	Analiza vprašalnikov SUS	29
4.4	Predstavitev računalniško zajetih podatkov	32
4.5	Predstavitev opazanj, zabeleženih s strani opazovalca	33
4.6	Končna analiza	35

5	Zaključek	37
6	Priloge	41
6.1	Vodnik za moderatorja	43
6.2	Obrazec za opazovalca	47
6.3	Opis modularnosti	50
6.4	Soglasje o zajemu avdio/video vsebine testiranja	54
6.5	Vprašalnik, ki je bil uporabljen med testiranjem	56

Povzetek

V okviru diplomskega dela smo razvili razširitev aplikacije za prikaz žil s podporo za uporabo dveh dodatnih navigacijskih naprav (3D-miška Connexion Space navigator in brezdotična navigacijska naprava Leap Motion), ki sta predstavljali razširitev možnih vhodnih naprav poleg miške in tipkovnice za manipulacijo pogleda na 3D-model ožilja. Poleg same implementacije podpore za napravi v aplikacijo smo izpeljali uporabniško študijo, s katero smo ocenili primernost in enostavnost uporabe naprav v aplikaciji. Rezultate smo zbirali s podatki, ki so bili računalniško zajeti med interakcijo uporabnikov z napravami, ko so reševali različne manipulacijske naloge ter z reševanjem vprašalnikov SUS (System Usability Scale), ki predstavljajo enega izmed orodij, s katerim lahko ocenjujemo uporabniške vmesnike. Analiza rezultatov je potrdila, da je 3D-miška v takšnem okolju bolj uporabna ter tudi izpostavila nekatere pomanjkljivosti brezdotične navigacijske naprave Leap Motion.

Ključne besede: 3D-vizualizacija, 3D-manipulacija, študija uporabe, uporabniška izkušnja, SUS, Neck Veins, 3D-miška, Leap Motion, računalniška miška.

Abstract

As part of the thesis we have developed applications for the extension of the vein display with support for two additional navigation devices (3D Connexion Space Navigator Mouse and hand gesture based navigation device Leap Motion) which represented an extension of possible input devices besides the keyboard and a mouse to manipulate the view of 3D model of neck veins. In addition to the implementation of support for the device in the application we carried out a user study in which we assessed the usability and ease of use of devices in the application. The results consisted from data we collected from the users' experience while they solved various manipulation tasks and the answers received from questionnaires SUS (System Usability Scale) which constitute one of the tools with which we can assess interfaces. Analysis of the results confirmed that the 3D mouse is more useful in such an environment and also highlighted some shortcomings of the hands free navigation device Leap Motion.

Keywords: 3D visualization, 3D manipulation, usability study, user experience, SUS, Neck Veins, 3D mouse, Leap Motion, computer mouse.

Poglavje 1

Uvod

Četudi področje ocenjevanja uporabniške izkušnje in uporabnosti sistemov ni novo, je v zadnjih letih postalo precej pomembno, saj se je z naraščanjem uporabe računalnikov in drugih elektronskih naprav povečala želja po ločevanju dobro in slabo zasnovanih uporabniških vmesnikov. Prva orodja, ki so bila razvita za testiranje uporabniških vmesnikov, so v 80. letih 20. stoletja predstavljali najrazličnejši vprašalniki, ki so od uporabnika zbirali informacije o njegovih izkušnjah ob stiku z določenim vmesnikom. Eden takšnih vprašalnikov je vprašalnik SUS.

System usability scale (SUS) ali po slovensko lestvica uporabnosti sistemov je vprašalnik, sestavljen iz desetih vprašanj, ki ga je leta 1986 ustvaril John Brooke [5] za ocenjevanje uporabnosti uporabniških vmesnikov. Glavni vzrok za sestavo takšnega vprašalnika je bil to, da so bile dotedanje lestvice za ocenjevanje preveč osredotočene na neko ozko področje ali pa so bile preveč splošne, da bi lahko iz njih dobili podatke, s katerimi bi lahko nato primerjali sisteme med seboj. Vprašalnik omogoča ocenjevanje tako programske kot strojne opreme, mobilnih naprav, spletnih strani, aplikacij kot tudi revij. Skozi desetletja je bila lestvica uporabljena pri ocenjevanju ogromnega števila naprav in vmesnikov ter tako postala del industrijskega standarda [7].

Vprašalnik je bil preveden v slovenščino že nekajkrat (Kodžoman, 2012; Pipan, 2011; Stojmenova, 2009), pred kratkim pa sta Bojan Blažica in Ja-

mes R. Lewis prevedla vprašalnik in na prevodu izvedla tudi psihometrično evalvacijo prevoda vprašalnika [3]. Prevod je bil izveden v treh korakih. Najprej je prevod ocenilo 10 oseb s področja računalniško/naravoslovnih smeri. Nato so se opombe in komentarji združili v končni osnutek prevoda. V zadnjem koraku pa so slovenski prevod vprašalnika poslali trem osebam, ki so ga nato prevedle nazaj v angleščino. Prevodi so se v vseh primerih vsebinsko ujemali in vsebovali iste besede kot vprašanja v originalnem vprašalniku SUS. Slovenska različica vprašalnika je bila nato uporabljena za ocenjevanje Gmail vmesnika in je ob primerjavi z angleškimi rezultati prikazala podobno vrednotenje vmesnika. S tem so dokazali, da se lahko vprašalnik SUS-SI uporablja za ocenjevanje uporabniških vmesnikov z enako zanesljivostjo kot angleški original.

Z uporabo vprašalnikov SUS in analize rezultatov, ki so jih uporabniki dosegali ob sami uporabi navigacijskih naprav, smo analizirali implementacijo vhodnih naprav v aplikaciji NeckVeins. NeckVeins je aplikacija, ki se razvija v Laboratoriju za računalniško grafiko in multimedije (LGM). Njen namen je omogočiti kirurgom lažjo diagnostiko anevrizem. Aplikacija je sestavljena iz več modularno razvitih delov, ki so jih v celoti implementirali študentje na Fakulteti za računalništvo in informatiko [4].

V aplikaciji je poleg uvoza in prikaza 3D-modelov, zajetih z napravami za računalniško tomografijo (angl. computed tomography — CT) in datotek .obj, ki ravno tako vsebujejo 3D-objekt, možna prilagajanje pogleda kamere in postavitve objekta v 3D-prostoru. Pogled kamere in postavitev se upravlja z računalniško miško in tipkovnico. Ker pa smo želeli razširiti izbiro podprtih navigacijskih naprav, smo v aplikacijo vgradil tudi upravljanje modela s 3D-navigacijsko miško Connexion Space Navigator (v nadaljevanju 3D-miška) in napravo Leap Motion, ki s spremljanjem premikov položaja človeške dlani v prostoru omogoča, da so premiki izraženi na položaju 3D-modela.

Zaradi pomanjkanja študij glede uporabnosti teh naprav se je pojavilo vprašanje o tem, katera naprava je primernejša za uporabo v okolju, kjer so visoke zahteve po sterilnosti in uporabniki pričakujejo, da je vmesnik

enostaven za uporabo in se lahko hitro naučijo upravljanja z njim, zato smo se odločili, da takšno študijo izpeljemo v okviru moje diplomske naloge.

V okviru podobnih študij, so v preteklih letih že raziskovali uporabnost brezdotičnih sistemov, ki so delovali s pomočjo kretenj v prostoru. Avtorji članka [9] so primerjali uporabo takšnega sistema z nam bolj običajno miško in tipkovnico pri izvajanju vsakdanjih opravil na računalniku in ugotovili, da je na tem področju še veliko možnosti za izboljšavo uporabniških izkušenj starejših in invalidnih oseb. Kljub temu pa še vedno obstaja nekaj omejitev, ki bi jih bilo potrebno dodatno raziskati.

Brezdotične naprave so v preteklosti že nekajkrat uporabljali v medicinskih okoljih. Avtorji članka [6] opisujejo navigacijo kamere v 3D-prostoru z uporabo Microsoft Kinect senzorjev in prepoznave glasu, s katero zagotavljajo dodatno sposobnost upravljanja. Za namen študije je bilo izvedeno tudi testiranje, kjer so primerjali Kinect z običajnim upravljanjem z računalniško miško in tipkovnico. Rezultati so pokazali, da so sodelujoči še vedno raje upravljali pogled z računalniško miško kot pa s pomočjo brezdotičnega vmesnika.

Študija iz leta 2012 je preučevala uporabo Leap Motion naprave kot orodja za upravljanje s pomočjo brezdotičnega vmesnika [2]. Slednje so izvedli tako, da so gibe, ki jih je zaznal Leap Motion, povezali preko aplikacije GameWave, ki je nato te gibe interpretirala kot navigacijske ukaze v sami medicinski aplikaciji. Odzivi na implementacijo so bili dobri, kar so potrdili tudi s testiranjem naprave med resnično operacijo. Rezultati pa žal niso zajemali podatkov o uporabniški izkušnji.

Cilji moje diplomske naloge so bili vgradnja vmesnika za povezovanje gonilnika 3D-miške in Leap Motion naprave, preko katerega lahko nato uporabnik upravlja s položajem in orientacijo tako kamere kot 3D-modela v prostoru. Poleg tega je bila kasneje izvedena študija o uporabnosti vhodnih naprav za upravljanje pogleda v 3D-prostoru.

Diplomsko delo je sestavljeno iz treh delov. Poglavje 2 vsebuje pregled vseh treh navigacijskih naprav in opis postopka vključevanja 3D-miške in

naprave Leap Motion v aplikacijo. V poglavju 3 je opisana metodologija, ki smo jo uporabili za izvajanje testiranja in opis testiranja. V zadnjem delu, poglavju 4 so predstavljeni rezultati študije.

Poglavje 2

Pregled aplikacije

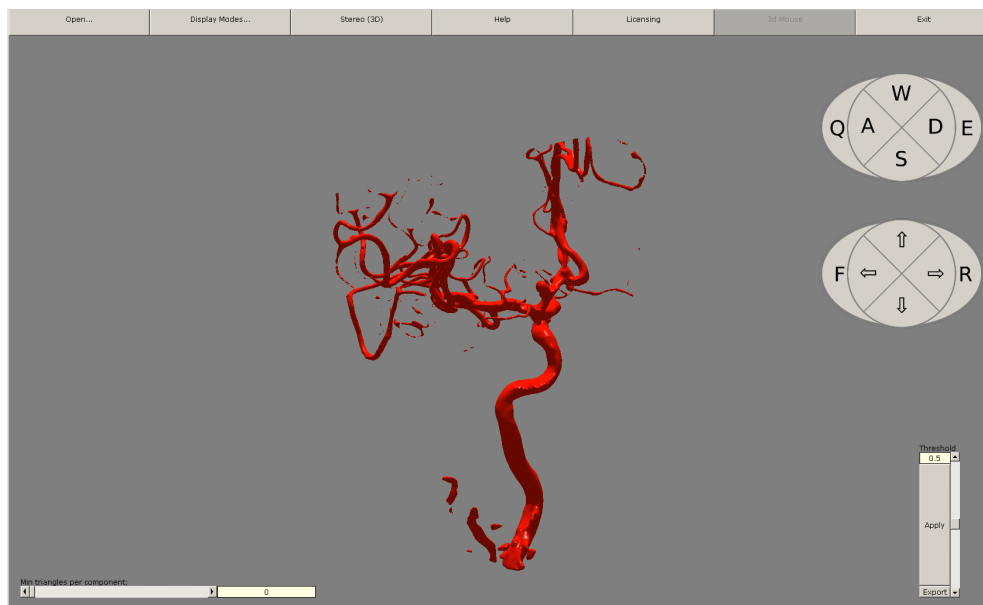
Osnovni uporabniški vmesnik prikazan na sliki 2.1 prikazuje 3D-model, ki je naložen v aplikacijo kot OBJ-model. OBJ-datoteka je preprosta datoteka, ki predstavlja nek 3D-model, ki ga nato lahko izrišemo na zaslon. Model je v datoteki predstavljen kot seznam točk v 3D-prostoru. Poleg samih točk je v datoteki tudi seznam, katere posamezne točke se med seboj povezujejo in predstavljajo ploskve (največkrat trikotnike). Določimo lahko tudi normale, s katerimi si lahko nato pomagamo pri simulaciji osvetljevanja oziroma senčenja. Vsaka točka v prostoru, ki sestavlja objekt, ima lahko določeno svojo normalo.

V aplikacijo je vključena tudi konstrukcija takšnega modela iz datotek MHD (datoteka vsebuje metapodatke o sliki) in RAW (datoteka, kjer je zapisan 3D-volumen ožilja skupaj s tkivom). Ko so podatki prebrani, se prične postopek segmentacije, ki je izvedena s pomočjo grafične kartice z uporabo glajenja, iskanja praga in iskanja trikotnikov z uporabo algoritma Marching Cubes referenca.

Poleg prikaza modela je v aplikaciji omogočeno upravljanje kamere v prostoru, in sicer z gumbi, ki jih najdemo v zgornjem desnem kotu, ali pa s pomočjo tipkovnice (kot je razvidno iz slike X). Rotacijo modela in povečavo določamo z računalniško miško.

V aplikacijo NeckVeins sta bili dodatno implementirani dve navigacijski

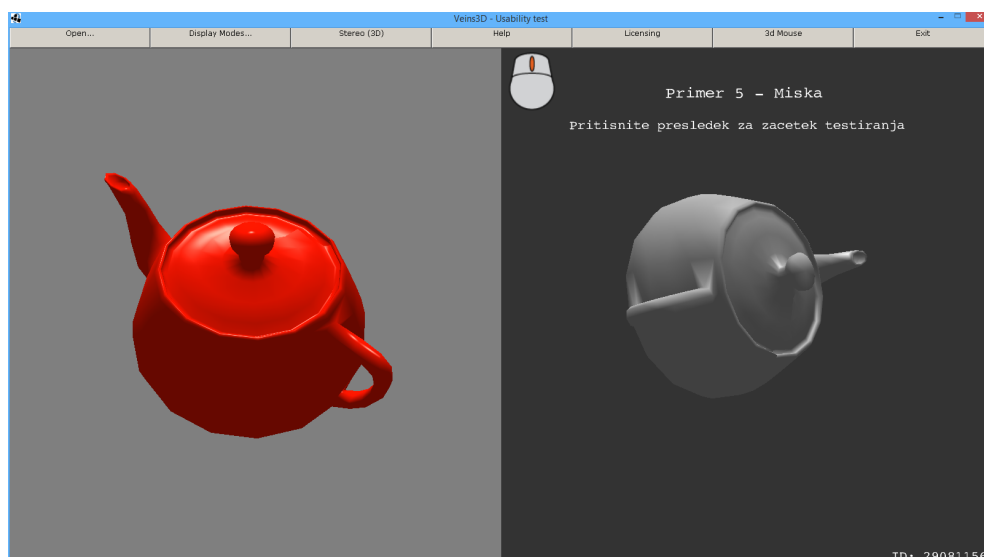
napravi. V nadaljevanju bom predstavil predhodno vgrajeno računalniško miško in tipkovnico, kot tudi implementacijo 3D-miške in senzorja Leap Motion, ki sta bili dodani v kasnejši fazi razvoja.



Slika 2.1: Trenutni izgled aplikacije NeckVeins.

Za testiranje, smo bila aplikacijo priredili in sicer tako, da smo nekateri gradnike uporabniškega vmesnika skrili, dodali pa smo ikone, ki ponazarjajo, katera naprava je trenutno izbrana in aktivna. Poleg tega smo ekran razdelili na 2 dela, v enem delu je bil postavljen 3D-model, ki ga lahko uporabnik manipulira, kot je prikazano v sliki Y. Upravljanje je bilo omejeno na rotacije v vse tri smeri in translacijo po Z osi (oddaljenost objekta od kamere). Kot je vidno sliki 2.2 je druga polovica zaslona vsebovala referenčno postavitvev modela, ki jo je nato uporabnik med testiranjem poskusil doseči na levi polovici zaslona. Na njej so bili izpisani tudi podatki o tem, s katero napravo se trenutno upravlja, kateri je trenutni primer, čas reševanja (če je uporabnik reševal posamezni primer) in končni rezultat, ki se je izpisal ob zaključku posameznega primera.

Med testiranjem se je za vsako nalogo beležil čas, ki ga je uporabnik pora-



Slika 2.2: Izgled prirejene aplikacije NeckVeins.

bil za reševanje , natančnost oddaljenosti modela in pa natančnost rotacije v kotnih stopinjah po vseh treh oseh. Ko je uporabnik zaključil z testiranjem, so se vsi rezultati shranili v datoteko CSV (angl. comma separated values), ki je bila nato primerna za nadaljnjo analizo.

2.1 Upravljanje z miško in tipkovnico

2.1.1 Opis naprave

Upravljanje 3D-modela z miško je ena izmed najpogostejših izbir razvijalcev pri delu s 3D-modeli. Z levim klikom miške na model izberemo začetni položaj in nato s premiki miške levo/desno, gor/dol usmerjamo rotacijo modela. Z miškinim kolescem upravljamo povečavo objekta, in sicer tako, da z vrtenjem kolesca proč od nas povečujemo razdaljo do objekta, z vrtenjem proti nam pa se razdalja med nami in objektom manjša. Zaradi skokov med obračanjem miškinega kolesčka so le-ti vidni kot koraki med povečavo. Že na začetku smo si zamislili uporabo miška skupaj z uporabo tipkovnice, s katero

nadzorujemo kamero. Poleg upravljanja kamere lahko s tipkovnico nadzorujemo tudi druge stvari, kot so na primer izbira senčilnikov ali omogočanje glajenja modela.

2.1.2 Implementacija

Podatki o miškinem položaju in premikih se v programu beležijo s pomočjo knjižnice LWJGL (angl. Lightweight Java Game Library) in do njih dostopamo preko klicev razreda Mouse. Ko uporabnik pritisne desni miškin gumb, se prične preverjanje, ali je miškin kazalec na sferi, ki obdaja model. To se zgodi tako, da se iz točke na zaslonu, kamor je uporabnik kliknil, pošlje žarek v smer proti modelu. Nato se izračuna, ali je ta žarek prebodel samo sfero. Če kazalec ni ležal na sferi, se ne zgodi nič. Če pa je, se zabeleži položaj, kjer je bila sfera prebodena. Ko ima uporabnik sfero v primežu, točka preboda sledi miškinemu kazalcu kamorkoli gre in s tem povzroča rotacijo modela. Ko miškin kazalec zapusti sfero ali pa uporabnik spusti desni miškin gumb, se sledenje ustavi.

2.2 Upravljanje s 3D-miško

2.2.1 Opis naprave

Leta 1981 so na inštitutu DLR (nemški inštitut za letalstvo) pričeli z razvojem navigacijske naprave za nadzor robotske roke v kartezičnem koordinatem sistemu. V plastično žogico je bilo vgrajenih 6 senzorjev, ki so beležili spremembe tako v rotaciji kot linearni poziciji žogice. Ščasoma se je pokazalo, da je takšna naprava idealna tudi za manipulacijo 3D-modelov v prostoru, izrisanim s pomočjo računalniške grafike. Začetna omejitev, ki jo je predstavljala visoka cena teh naprav, je z uporabo nizkocenovnih optičnih tipal omogočila, da so leta 1993 izdelali prvo 3D-miško Space Mouse.

3D-miške, kot so SpaceNavigator, se uporabljajo že kar nekaj časa v okoljih, kjer je enostavnost premikanja po prostoru nuja (trenutno ga podpira

že več kot 260 svetovno znanih aplikacij, tako za namene 3D-navigacije kot tudi 2D). V programu NeckVeins je 3D-miška implementirana tako, da lahko uporabnik izbira, ali želi nadzorovati kamero v 3D-prostoru ali pa želi manipulirati s samim objektom. S sukanjem miške nadzorujemo rotacijo objekta (kamere ali modela), z zamiki levo/desno, naprej/nazaj ali gor/dol pa kontroliramo položaj kamere v prostoru.

2.2.2 Implementacija

Podatki, ki jih senzorji beležijo, se iz naprave pošiljajo s pomočjo odprtokodne knjižice JInput, ki skrbi za zajem podatkov iz navigacijskih naprav, kot so računalniška miška, igralni plošček, igralna palica, tipkovnica in ostale. Ker pa so razvijalci Connexion 3D-miške naredili gonilnik tako, da računalnik miško prepozna kot igralni plošček, nam je bilo to poenostavilo implementacijo. Napisali smo kodo, ki iz razreda Controller z iskanjem različnih imen spremenljivk pridobi vrednosti, zapisane v plavajoči vejici, ki predstavljajo jakost signala, ki ga beležijo senzorji zaznave položaja navigacijske blazinice.

Ti signali so nato shranjeni v tabelo, kjer se uporabljajo kot kotne hitrosti za vsako izmed osi rotacije 3D-modela. Delež obrata 3D-modela v eni sličici v katerokoli smer je izračunan na podlagi kotne hitrosti v želeno smer ter faktorja občutljivosti, ki ga lahko uporabnik nastavi po želji. Če želimo, da se model pravilno obrača, je treba biti pozoren na smer, iz katere uporabnik gleda nanj (če zasukamo model za 180° , se nam smeri leva/desna obrneta), zato se rotacija računa preko smeri vektorja, ki se pošilja iz lokacije kamere proti središču modela. Več o tem, je opisano v poglavju 2.4.

V aplikacijo smo vključili nastavitve, ki jih lahko uporabnik spreminja med upravljanjem modela. Nastavi lahko občutljivost senzorjev, ki se odraža na hitrosti vrtenja modela po vseh oseh. Poleg tega, lahko izbere, ali želi med upravljanjem imeti zaklenjene osi. To pomeni, da se model obrača samo v smeri največje smeri rotacije in dovoli uporabniku lažje (vendar počasnejše) obračanje modela. Zadnja nastavitev, je izbira, ali želi uporabnik nadzorovati rotacije in translacije 3D-modela v prostoru ali kamere, ki jo nato premika

po prostoru in usmerja njen pogled.

Celotna koda je vsebovana v razredu `3dMouse.java`, na katerega nato vežemo posamezne premike, ki jih zaznavamo v glavni zanki, ki skrbi za povpraševanje navigacijskih naprav.

2.3 Upravljanje z Leap Motion

2.3.1 Opis naprave

Leap Motion je novost na trgu in omogoča upravljanje z napravami preko brezdotičnega vmesnika, ki deluje s pomočjo zaznave uporabnikove dlani v prostoru. Napravo sestavljata dve kameri, ki s pomočjo infrardeče luči zaznavata premikanje v prostoru (do razdalje enega metra), različni gibi so nato povezani v različne interakcijske ukaze. Upravljanje z objektom se prične, ko uporabnik nad napravo postavi svojo dlan (prsti so skupaj) in jo razpre. S premikom dlani levo/desno upravlja z rotacijo objekta po vertikalni osi, s premiki gor/dol pa po horizontalni osi. Če uporabnik premakne roko naprej ali nazaj, s tem povzroči, da se predmet oddalji ali približa uporabniku. Naprava zaznava tudi nagib dlani in prilagaja nagnjenost modela. Premike lahko seštevamo tako, da damo prste skupaj, se premaknemo na nov položaj in ponovno razpremo dlan.

2.3.2 Implementacija

S pomočjo razvojalske knjižnice `LeapJava`, ki jo dobimo na spletni strani proizvajalca, lahko izjemno enostavno povežemo napravo z aplikacijo. Ko prižgemo napravo, se začne zajem 30 sličic na sekundo. Med zajemom se v prostor s pomočjo infrardeče luči projecira mreža, ki se nato uporablja za zaznavo rok. Ko naprava zazna roko, lahko iz razreda `Hands` izvemo, kaj Leap Motion ve o njej. Tako lahko preberemo podatke o njenem položaju v prostoru, kolikšen je nagib roke po vseh treh oseh, koliko prstov vidi naprava in ali je bila izvedena kakršnakoli gesta (zamah, klik). Če v aplikaciji

zaznamo, da ima roka več kot tri prste, predpostavljamo, da je uporabnik odprl dlan in želi upravljati z modelom. Takrat se nastavi izhodiščni položaj roke v prostoru na 0 (v vseh treh smereh) in se prične rotirati objekt po dveh oseh, odvisno od položaja odprte roke glede na njen izhodiščni položaj. Ena izmed prostorskih smeri je uporabljena za približevanje oziroma oddaljevanje kamere od modela. V vsaki sličici se prebere tudi nagib same dlani in se uporabi za manipulacijo tretje prostorske stopnje nagiba.

Vsi nagibi, se podobno kot pri 3D-miški, v aplikaciji pretvorijo v rotacijo s postopkom opisanim v poglavju 2.4.

2.4 Opis implementacije rotacij s kvaternioni

Rotacija modela, je v aplikaciji predstavljena kot kvaternion. Kvaternioni so razširitev kompleksnih števil in so v vektorskemu zapisu predstavljeni kot $[w, x, y, z]$.

Če želimo model rotirati okoli poljubne osi s kotom θ , moramo najprej izračunati v kakšen vektor v prostoru se ta os preslika.

Če imamo smer pogleda podano v vektorju $[eye_x, eye_y, eye_z]$ in želimo objekt rotirati po X osi, in je trenutna orientacija modela predstavljena kot $O = [w, x, y, z]$, lahko s križnim produktom dobimo:

$$RotVecGlobal = [rv_g_x, rv_g_y, rv_g_z] = [eye_x, eye_y, eye_z] \times [1, 0, 0] \quad (2.1)$$

Kjer $RotVecGlobal$ nato normaliziramo in tako dobimo smer rotacijskega vektorja, če želimo sukati po X osi glede na pogled kamere.

$$\|NormRotVecGlobal\| = \sqrt{rv_g_x^2 + rv_g_y^2 + rv_g_z^2} \quad (2.2)$$

Če pa želimo dobiti vektor, v kateri smeri moramo model obračati, glede na njegovo trenutno orientacijo, pa uporabimo formulo:

$$RotVecLocal = O^{-1} \cdot [0, nrv g_x, nrv g_y, nrv g_z] \cdot O \quad (2.3)$$

Kjer O^{-1} predstavlja recipročno vrednost kvaterniona O , ki jo lahko izračunamo kot:

$$O^{-1} = \frac{O^*}{\|Q\|^2} \quad (2.4)$$

Norma kvaterniona:

$$\|Q\| = \sqrt{w^2 + x^2 + y^2 + z^2} \quad (2.5)$$

O^* Predstavlja konjugirani kvaternion

$$O^* = [w, -x, -y, -z] \quad (2.6)$$

$RotVecLocal$, sedaj predstavlja vektor, v smeri naše rotacije. Če iz tega vektorja izračunamo enotski vektor $NormRot$, lahko rotacijo q definiramo kot kvaternion:

$$NormRot = \sqrt{\|RotVecLocal\|^2} \cdot RotVecLocal \quad (2.7)$$

$$q = [\cos(\frac{\theta}{2}), NormRot * \sin(\frac{\theta}{2})] \quad (2.8)$$

Če kvaternion q pomnožimo z O , dobimo novo orientacijo modela.

Poglavje 3

Opis metodologije za ocenjevanje uporabniške izkušnje

V nadaljevanju je predstavljen načrt evalvacije (ang. usability plan). To je načrt, ki vsebuje smernice, kako naj poteka evalvacija interakcije naprav za upravljanje pogleda v 3D-prostoru. Načrt zajema predstavitev metodologije, načrtovan potek testiranja, predstavi sodelujoče pri raziskavi in njihove vloge, predstavi metriko, s katero se bo ocenjevalo testiranje in izrazi predvidene rezultate, ki se nato primerjajo z dejanskimi in se na podlagi tega izvede ocena navigacijskih naprav.

Preden smo ga uporabili, so načrt testiranja ocenili zunanji opazovalci; ko smo zbrali odzive, smo ga nato še dodatno popravili.

3.1 Načrt evalvacije

3.1.1 Metodologija

Predvideli smo, da bi v raziskavi sodelovalo 20 ljudi; testiranje bo potekalo v izoliranem prostoru, kjer bo imel uporabnik na voljo 3 različne vmesnike za

interakcijo in računalniški zaslon, na katerem bo lahko upravljal z modelom. Poleg informacij o poteku testiranja se bodo zabeležile tudi demografske značilnosti, zadovoljstvo uporabnika med samo uporabo ter komentarji ob uporabi vmesnikov (predlogi za morebitne izboljšave in/ali spremembe).

3.1.2 Sodelujoči pri raziskavi

Pričakovano število sodelujočih je nekje med 20 in 30. Postopek izbire kandidatov bo potekal preko poznanstev (med kolegi in sodelavci), pričakujemo, da so vsi sodelujoči že seznanjeni z uporabo računalnika. Predznanje o uporabi aplikacije NeckVeins ni potrebno, saj bodo dobili vse informacije na testiranju.

3.1.3 Pridobitev predznanja

Uporabnik bo 10 minut pred začetkom testiranja dobil podroben opis aplikacije ter opis/razlago osnovnih geometrijskih operacij v 3D-prostoru, kot so:

- kaj je translacija/rotacija/skalacija,
- v čem je razlika med premiki kamere in samega modela.

Uporabnik bo seznanjen tudi s potekom testiranja, kakšna bodo orodja, ki jih bo uporabljal ter kolikšen je predviden čas trajanja testiranja.

3.1.4 Potek testiranja

Testiranje se bo izvajalo na Fakulteti za računalništvo in informatiko v Ljubljani, v kabinetu doc. dr. Matije Marolt, kjer bo urejen prostor, v katerem bodo imeli vsi sodelujoči enake delovne pogoje med testiranjem. Za testiranje se bo uporabljal računalnik z nameščeno aplikacijo NeckVeins, ki bo pred tem prilagojena za testiranje (v njej bo model, ki omogoča hitro prepoznavo rotacije/translacije objekta). Če uporabnik česa ne bo razumel, se bo lahko posvetoval z enim od ocenjevalcev.

Interakcijo s sistemom bosta nadzorovala dva ocenjevalca, prvi bo beležil opazanja pri uporabi posameznega vmesnika s primerne razdalje in se ne bo vmešaval v potek testiranja, drugi pa bo deloval kot moderator.

Testiranje bo (če bomo pridobili ustrezno dovoljenje) tudi posneto s kamero, da bomo lahko kasneje preverjali opazovane interakcije. Uporabnik bo s tem seznanjen in bo pred testiranjem moral podpisati dokument, v katerem bo privolil v snemanje (priloga 3). Kamera bo postavljena tako, da identiteta uporabnika ne bo vidna.

Sodelujoči bo moral pred pričetkom testiranja izpolniti vprašalnik, v katerem bo odgovoril na demografska vprašanja ter vprašanja o predznanju in izkušnjah pri uporabi tovrstnih vmesnikov. Testiranje bo sestavljeno iz treh sklopov. Moderator bo pred vsakim sklopom uporabniku podal list z navodili in opisom naprave (priloga 4), ki jo bo uporabljal med testiranjem. Ob tem bo uporabnika opozoril, da je zaželeno glasno razmišljanje, zato da si lahko beleži odzive. Uporabnik bo imel nato približno 2 minuti časa, da se spozna z okoljem, med tem časom lahko vpraša moderatorja za dodatna pojasnila. Nato se bo pričelo testiranje, med katerim bo moral uporabnik postaviti model na zaslonu v določen položaj. Vsak sklop nalog bo imel do 10 različnih nalog (vsaka težja od prejšnje). Trajanje opravljanja vsake naloge bo beleženo.

Med testiranjem posameznega vmesnika bomo izvedli nekajminutni premor, ko bomo uporabnika odvrnili od testiranja in poskrbeli, da se bo počutil sproščeno in ne bo pod stresom zaradi testiranja. Prav tako bomo uporabniku ponudili osvežitev v obliki pijače (voda, sok, gazirane pijače) in prigrizkov (kikiriki, bonboni ipd.). Med testiranjem moramo zelo paziti tudi na to, da se uporabnik ne razburi ali postane nervozen. Če zaznamo kaj takšnega, moramo testiranje prekiniti, narediti krajši premor, če pa to ne pomaga, moramo testiranje prekiniti. Prav tako poskrbimo, da ima uporabnik za testiranje na voljo dovolj časa, saj bo drugače pod časovnim pritiskom, kar prav tako ni dobro.

Po koncu vsakega sklopa bo uporabnik izpolnil krajši vprašalnik, v ka-

terem bodo zabeležena njegova opažanja. Po koncu testiranja bo uporabnik izpolnil še zadnji vprašalnik, ki bo obsegal vprašanja, povezana s celotnim potekom testiranja.

3.1.5 Vloge

Uporabnik

Sledi navodilom moderatorja o poteku testiranja, med samim testiranjem poskuša “razmišljati na glas”, po koncu testiranja lahko izrazi opazovanja/komentarje.

Moderator

Uporabniku razloži namen študije in določi, kaj so cilji raziskave uporabnosti različnih vmesnikov. Pred izvajanjem testiranja poskrbi za zadostno predznanje. Med samim potekom testiranja lahko uporabniku pomaga do neke točke (določeno v Moderator guide v prilogi 6.1).

Opazovalec

Njegova funkcija je, da beleži uporabnikova opažanja in komentarje ob poteku testiranja (priloga 2), v sam potek pa naj se ne bi vmešaval. Poleg tega beleži tudi možne napake v aplikaciji NeckVeins in implementaciji vmesnikov.

3.1.6 Naloge

Testiranje bo razdeljeno v tri sklope:

- Miška in tipkovnica
 - uporaba point & click
- SpaceNavigator 3D Mouse
 - samo glavna os

– vse osi

- Leap Motion

Vsak od teh sklopov bo pokrival 10 nalog, ki jih bo moral uporabnik izpolniti. Naloge bodo predstavljene na seznamu nalog, ki jih bo uporabnik dobil pred začetkom testiranja določenega sklopa. Naloge bodo vsebovale krajši opis (navodilo) ter sliko s pričakovanim rezultatom. Trajanje vsake naloge bo zabeleženo. Po preteku 30 sekund se naloga zaključi (in označi za neuspešno). Uporabnik lahko nalogo tudi predčasno zaključi (če meni, da jo je uspešno opravil). Moderator nato oceni natančnost opravljene naloge (natančnost se oceni tudi pri neuspešno opravljeni nalogi).

Po vsakem opravljenem sklopu uporabnik reši vprašalnik SUS, ki predstavlja standard za ocenjevanje uporabnosti naprav za interakcijo z uporabnikom. Vprašalnik je sestavljen iz desetih trditev, pri katerih uporabnik označi, do kolikšne mere se strinja z njimi.

Po končanemu testiranju dobi uporabnik še zadnji vprašalnik, ki pa zajema vprašanja, ki niso bila postavljena v vprašalniku SUS, ampak so vseeno primerna za nadaljnjo analizo.

3.1.7 Metrika

Za ocenjevanje uspešnosti uporabe posamezne naprave se bodo uporabljale naslednje metrike:

- natančnost opravljanja nalog,
- hitrost privajanja na posamezni napravi,
- trajanje opravljanja nalog,
- uporabnikova ocena uporabe naprave,
- uporabnikova ocena primernosti naprave.

3.1.8 Cilji

Pričakovani cilji:

	Tipkovnica in miška	3D-miška	Leap Motion
Odstotek dokončanih nalog	90 %	75 %	75 %
Odstotek pravilnosti rešenih nalog	80 %	80 %	75 %
Časovna zahtevnost nalog	13 s	10 s	15 s

Tabela 3.1: Pričakovani rezultati testiranja navigacijskih naprav

3.1.9 Preverjanje kritičnosti problema

Če bo uporabnik opozoril na kakšno težavo pri upravljanju med uporabo se bodo le-ti problemi zapisali na seznam problemov. Resnična obsežnost teh problemov se bo izrazila na dveh faktorjih:

- Pogostost pojavljanja težav

Označi, koliko uporabnikov je opazilo to težavo:

- visoka: 30 % uporabnikov je izpostavilo to težavo;
- srednja: 11—29 %;
- nizka: 10 % ali manj uporabnikov.

- Posledice pojavljanja tega problema

Posledice so razdeljene v tri kategorije težavnosti glede na to, kako kritična je napaka pri upravljanju:

- visoka težavnost: uporabnik zaradi tega naloge ni opravil do konca (critical error);
- srednja težavnost: uporabniku je ta napaka povzročila zamudo pri opravljanju naloge (non-critical);
- nizka težavnost: napredek do rešitve naloge zaradi pojavljanja te težave ni bil oviran.

Kategorije kritičnosti problema

- 1. stopnja kritičnosti

Problem predstavlja ovirano interakcijo uporabnika z aplikacijo in pojavljanje neželenih učinkov. Uporabniku to predstavlja velik izziv pri uporabi aplikacije.

- 2. stopnja kritičnosti

Problem se pojavlja zelo pogosto, uporabnik mora zaradi tega narediti veliko popravkov.

- 3. stopnja kritičnosti

V to kategorijo spadajo ali problemi z srednjo stopnjo težavnosti z nizko pogostostjo ali pa nizko težavnostjo s srednjo stopnjo pojavljanja. Povzročajo časovno neučinkovitost (minor annoyance).

- 4. stopnja kritičnosti

Problemi, ki jih je opazil le manjši delež uporabnikov in bi popravki le-teh prinesli manjšo izboljšavo pri uporabi vmesnikov.

	Visoka pogostost	Srednja pogostost	Nizka pogostost
Visoka težavnost	1. stopnja	1. stopnja	3. stopnja
Srednja težavnost	2. stopnja	2. stopnja	3. stopnja
Nizka težavnost	2. stopnja	3. stopnja	4. stopnja

Tabela 3.2: Kritičnost problema glede na pogostost in težavnost pojavljanja težav

3.2 O vprašalnikih SUS

Vprašalnik SUS je sestavljen iz 10 trditev, kjer jih je polovica pozitivno naravnanih, polovica negativno. Uporabnik za vsako trditev izbere moč strinjanja s trditvijo na lestvici od 1 (sploh se ne strinjam) do 5 (povsem se strinjam). Vse lihe trditve so pozitivno naravnane, medtem ko so soda vprašanja negativno naravnana. SUS pa poleg same uporabnosti meri tudi priučljivost uporabniškega vmesnika [8]. Rezultate lahko dobimo s seštevkom rezultatov odgovorov na trditvi 4 in 10.

Trditve, ki jih zajema vprašalnik SUS, so sledeče:

1. Menim, da bi ta sistem rad pogosto uporabljal.
2. Sistem se mi je zdel po nepotrebnem zapleten.
3. Sistem se mi je zdel enostaven za uporabo.
4. Menim, da bi za uporabo tega sistema potreboval pomoč tehnika.
5. Različne funkcije tega sistema so se mi zdele dobro povezane v smiselno celoto.
6. Sistem se mi je zdel preveč nekonsistenten.
7. Menim, da bi se večina uporabnikov zelo hitro naučila uporabljati ta sistem.
8. Sistem se mi je zdel neroden za uporabo.
9. Pri uporabi sistema sem bil zelo suveren.
10. Preden sem osvojil uporabo tega sistema, sem se moral naučiti veliko stvari.

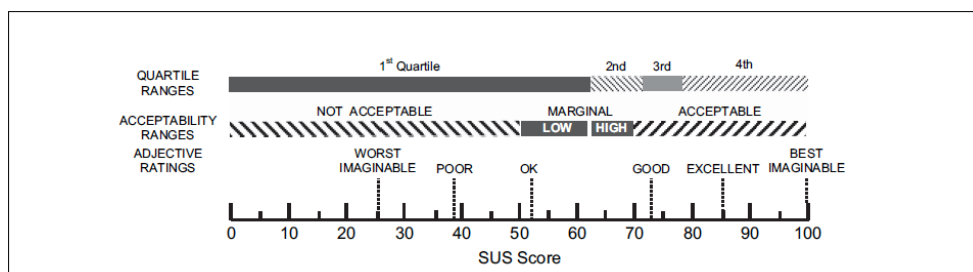
Rezultat posameznega vprašalnika izračunamo na sledeč način: Rezultatom lihih trditev odštejemo 1, od 5 odštejemo rezultat sodih trditev in nato vse skupaj seštejemo. Rezultat pomnožimo s faktorjem 2,5 in tako dobimo

rezultat, ki se odraža na intervalu od 0 do 100. Rezultate lahko nato postavimo na različne že obstoječe lestvice (slika 3.1), ena od teh je lestvica z ocenami od F do A, ki je bila izpeljana z analizo rezultatov različnih študij SUS. Analiza je pokazala, da je povprečni rezultat v anketah SUS 68. Rezultati so bili normalizirani in postavljeni na skupno krivuljo rezultatov. Na teh podatkih se je nato opravilo ocenjevanje krivulje[a] in prišlo do sledečega kriterija:

$$\begin{aligned} 0 - 45 &= F, \\ 46 - 55 &= D, \\ 56 - 66 &= C, \\ 67 - 74 &= B, \\ 75 - 100 &= A. \end{aligned}$$

Druga lestvica, ki se veliko uporablja in je nekoliko poenostavljena, je pa sprejemljivostna lestvica (acceptability ranges):

$$\begin{aligned} 0 - 50 &= \textit{nesprejemljiva}, \\ 50 - 62 &= \textit{nizkamejnasprejemljivost}, \\ 62 - 70 &= \textit{visokamejnasprejemljivost}, \\ 70 - 100 &= \textit{sprejemljiva}. \end{aligned}$$



Slika 3.1: Ocenjevalne lestvice vprašalnikov SUS. [1]

3.3 Pregled vprašalnika

Vprašalnik 6.5 je bil sestavljen iz petih delov, prvi del je zajemal vprašanja demografskega značaja ter vprašanja o uporabnikovem predznanju. Vprašanja, ki jih je zajemal, so bila:

3.3.1 Vprašanja demografskega tipa

1. Spol
2. Starost
3. Trenutni status (dijak, študent, zaposlen, honorarno zaposlen, svoboden poklic, nezaposlen, ostalo)
4. Dosežena stopnja izobrazbe (osnovnošolska, poklicna, srednješolska, visoko ali višješolska, univerzitetna izobrazba, magisterij, doktorat ali specializacija, ostalo)

3.3.2 Vprašanja, ki so se nanašala na predznanje

Uporabnik je ocenjeval, koliko se strinja s trditvami na ocenjevalni lestvici od 1 do 5, kjer 1 pomeni sploh se ne strinjam in 5 se povsem strinjam:

1. Za aplikacijo NeckVeins sem že slišal in vem, kakšen je njen namen uporabe.
2. Imam izkušnje z manipulacijo pogledov na 3D-model.
3. Vem, kako naj bi potekala manipulacija modela z miško.
4. S 3D-navigacijsko napravo imam že veliko izkušenj pri manipulaciji 3D-modelov.
5. Vem, kaj pomeni rotacija in kaj translacija v prostoru.
6. Imam že izkušnje z različnimi navigacijskimi napravami, kot so igralne palice ali igralni ploščki.

3.3.3 Vprašanja o posamezni navigacijski napravi

Naslednji trije deli vprašalnika so bili vsebinsko enaki, ampak so pokrivali vsak svojo navigacijsko napravo. V tem delu je uporabnik dobil prevedeni vprašalnik SUS ter dve trditvi, ki sta se nanašali na pripravljalni del pred testiranjem in bili ocenjeni z lestvico 1-5:

1. Seznanjen sem s konceptom nalog, ki jih bom moral reševati.
2. Na razpolago sem imel dovolj časa, da se privadim na delovanje naprave.

3.3.4 Pregled vseh navigacijskih naprav

Zadnji del vprašalnika je zajemal vprašanja, ki so služila končni primerjavi med samimi napravami. Na vprašanja je uporabnik odgovarjal s stopnjo strinjanja na lestvici od 1 do 7. Vprašanja so bila:

1. Enostavnost uporabe (Za vsako napravo bi radi izvedeli, kakšno oceno bi ji dali na lestvici od 1 - 'zahteven za uporabo' do 7 - 'izredno enostavna', kjer naj bi ocena 4 pomenila: 'Za rokovanje z napravo bi potreboval več časa.')
2. Hitrost prilagajanja rotacij 3D-objekta (Za vsako napravo bi radi izvedeli, kakšno oceno bi ji dali na lestvici od 1 - 'zelo neodzivna' do 7 - 'odzivnost dovolj velika')
3. Primernost uporabe vmesnika v okolju, kjer so visoke zahteve po sterilnosti (Za vsako napravo bi radi izvedeli, kakšno oceno bi ji dali na lestvici od 1 - 'neprimerna' do 7 - 'primeren')
4. Pisni predlogi za izboljšavo tako samega testiranja kot implementacije navigacijskih naprav.

3.4 Opis sprememb pri končnem eksperimentu

Namesto sezama nalog, ki naj bi jih dobil uporabnik na listu z navodili za reševanje, smo primere dodali v aplikacijo z uporabo deljenega zaslona. Uporabnik je zato imel na desni strani referenčno postavitev 3D-modela v prostoru, ki jo je nato poskušal replicirati na levi strani zaslona z manipulacijo svojega modela.

Pred začetkom testiranja smo en dan posvetili testiranju načrta evalvacije. Pri tem je sodelovalo 6 ljudi, ki so s svojimi komentarji in pripombami izrazili, kaj bi po svojem mnenju želeli spremeniti. Prva stvar, ki je bila popravljena, je bila časovna omejitev za reševanje posameznega primera, ki se je s tridesetih sekund dvignila na pet minut. S tem smo zagotovili, da uporabniki niso bili pod pritiskom med reševanjem in so se lahko veliko bolj posvetili posamezni napravi. Ravno tako je bil čas, ki ga je uporabnik imel na voljo da se je spoznal z napravo, podaljšán z dveh minut na pet minut. Zaradi zmanjšane časovne omejitve pa se je iz testiranja odstranilo 3 primere, saj bi drugače čas testiranja presegel eno uro.

Eden od odzivov je bil tudi želja po vizualni ponazoritvi, kdaj je naprava Leap Motion zaznavala roko v prostoru. To smo ustvarili z dodatno ikono, ki prikazuje, katera naprava je trenutno aktivna in v primeru Leap Motion naprave ima 3 stopnje obarvanosti: zelena - naprava je zaznala roko in manipulacija modela je omogočena, rdeča - naprava je priključena in delujoča, ampak ne zaznava roke v prostoru, siva - naprava ni priključena na računalnik ali pa je sistem ne zazna.



Slika 3.2: Prostor kjer je potekalo testiranje.

Poglavje 4

Analiza pridobljenih rezultatov

4.1 Povzetek testiranja

V raziskavi je sodelovalo 31 ljudi. Testiranja so potekala v mesecih juniju in juliju, v starih in novih prostorih Fakultete za računalništvo in informatiko. Kot je navedeno v metriki testiranja, so se med testiranjem beležili časovna učinkovitost, natančnost uporabnika z napravo, hitrost privajanja, komentarji in opombe uporabnika med testiranjem in končna ocena primernosti.

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati in analize posameznih delov testiranja.

4.2 Predstavitev rezultatov anket

V anketi je sodelovalo 17 moških in 15 žensk. Od teh jih je bilo 14 v starostnem razponu med 18 in 24 let, 13 med 25 in 34 let, 4 med 35 in 44 let ter eden med 45 in 54 let. Podobni so bili rezultati o njihovem trenutnem statusu. 15 sodelujočih je imelo med časom sodelovanja status dijaka ali študenta, 15 jih je bilo honorarno zaposlenih in eden nezaposlen. Njihova dosežena stopnja izobrazbe je bila v 11 primerih srednješolska, 14 jih je imelo univerzitetno, 4 magisterij in 3 specializacijo ali doktorat.

Odgovori na vprašanja o predznanju so pokazali, da je večina sodelujočih

(18) prvič slišala za aplikacijo NeckVeins, ravno tako jih velika večina še ni imela izkušenj s 3D-navigacijsko napravo in manipulacijo pogledov na 3D-model. Za polovico sodelujočih lahko z gotovostjo rečemo, da že imajo izkušnje z drugimi navigacijskimi napravami (in ne samo miško in tipkovnico). To je razvidno iz trditve 6 v tabeli 4.1.

Trditev	1	2	3	4	5
1. Za aplikacijo NeckVeins sem že slišal in vem, kakšen je njen namen uporabe.	18	4	2	3	5
2. Imam izkušnje z manipulacijo pogledov na 3D-model.	16	5	3	5	3
3. Vem, kako naj bi potekala manipulacija modela z miško.	7	10	6	3	6
4. S 3D-navigacijsko napravo imam že veliko izkušenj pri manipulaciji 3D-modelov.	21	4	6	0	1
5. Vem, kaj pomeni rotacija in kaj translacija v prostoru.	3	8	5	5	11
6. Imam že izkušnje z različnimi navigacijskimi napravami, kot so igralne palice ali igralni ploščki.	8	8	3	6	7

Tabela 4.1: odgovori na vprašanja o predznanju. 1 - sploh se ne strinjam, 5 - se povsem strinjam

Pred pričetkom vsakega testiranja so uporabniki rešili še dve vprašanji, ki sta se navezovali na splošno pripravljenost pred uporabo posamezne naprave. Uporabniki so izrazili, da so jim bili pri vseh treh napravah jasni koncepti nalog. Ob izjavi, da so imeli dovolj časa za privaditi se na delovanje naprave, so pri računalniški miški in 3D-miški v 27 (pri 3D-miški 28) primerih obkrožili močno stopnjo strinjanja s trditvijo. Pri Leap Motionu pa jih je nekaj obkrožilo tudi največjo stopnjo nestrinjanja in izrazilo, da bi za boljšo upravljanje z napravo potrebovali več časa.

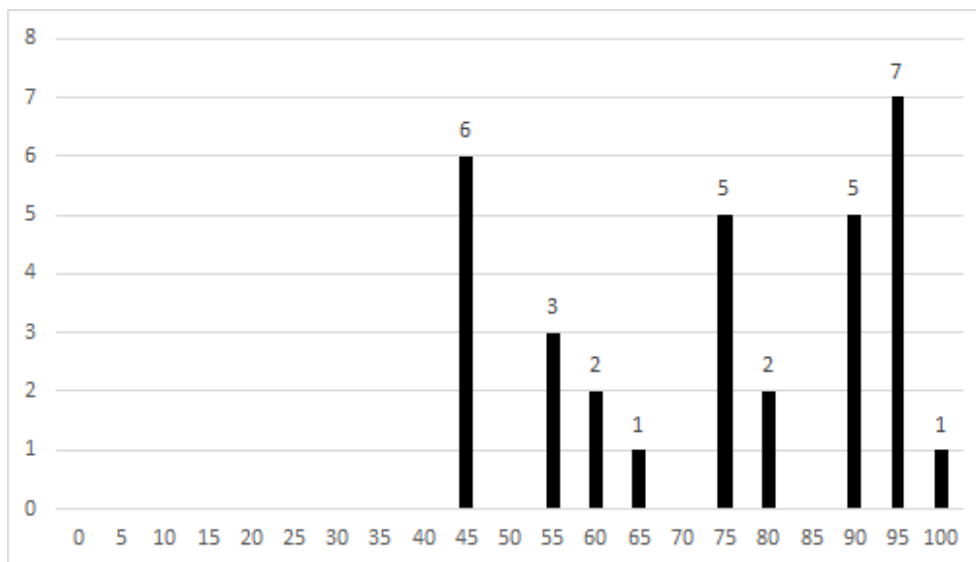
Zadnja tri vprašanja, ki so služila pregledu ustreznosti vseh treh navigacijskih naprav, so zajeta v tabeli 4.2.

	1	2	3	4	5	6	7
Enostavnost uporabe							
Računalniška miška	0	3	2	6	5	9	6
3D-miška (odklenjene osi)	0	2	1	6	7	10	5
3D-miška (zaklenjene osi)	0	0	1	4	5	9	12
Leap Motion	3	4	8	10	6	0	0
Hitrost prilagajanja rotacij 3D-objekta							
Računalniška miška	0	2	9	2	8	4	6
3D-miška (odklenjene osi)	0	0	0	2	5	5	19
3D-miška (zaklenjene osi)	0	0	0	2	2	9	18
Leap Motion	1	0	5	6	8	7	4
Primernost uporabe vmesnika v okolju, kjer so visoke zahteve po sterilnosti							
Računalniška miška in tipkovnica	13	6	3	1	2	3	2
3D-miška	2	2	5	3	11	5	2
Leap Motion	0	0	1	2	3	2	22

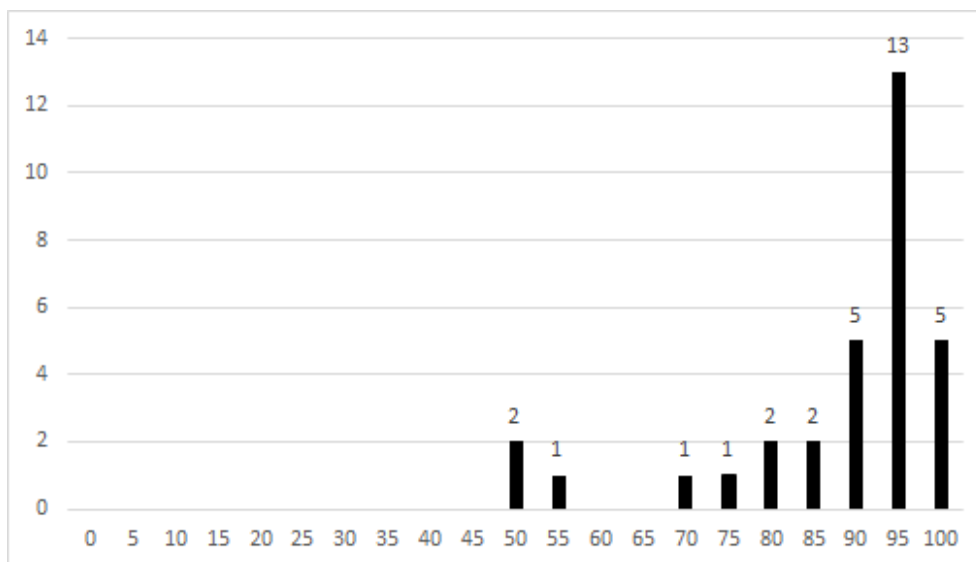
Tabela 4.2: frekvence odgovorov na vprašanja o ustreznosti naprav.

4.3 Analiza vprašalnikov SUS

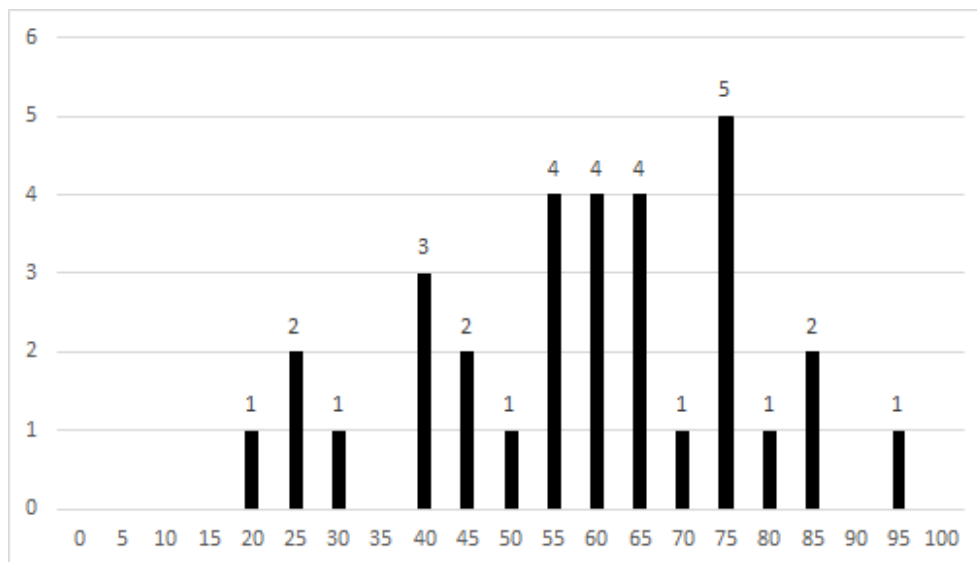
V vprašalnikih, ki so jih prejeli sodelujoči, so za vsako napravo dobili vprašalnik SUS, na katerega so odgovarjali po koncu testiranja dotične naprave. Na grafikonih (slike 4.1,4.2,4.3) lahko vidimo razporeditev odzivov, preračunanih po postopku, opisanem v poglavju 3.2. V tabeli 4.3 pa lahko pregledamo statistično analizo rezultatov posamezne naprave skupaj z rezultati stopnje uporabnosti in priučljivosti ter ocen, ki so jo naprave dosegle na črkovni ocenjevalni lestvici.



Slika 4.1: Rezultati vprašalnikov SUS za računalniško miško.



Slika 4.2: Rezultati vprašalnikov SUS za 3D-mišk.



Slika 4.3: Rezultati vprašalnikov SUS za Leap Motion.

	Računalniška miška	3D-miška	Leap Motion
Povprečni rezultat	72,4	88,7	56,5
Standardni odklon	19,1	11,6	19,4
Minimalni rezultat	45	50	20
Maksimalni rezultat	97,5	100	95
Stopnja uporabnosti	53,6	70,2	41,2
Stopnja priučljivosti	18,8	18,5	15,2
ocena SUS	B	A-	D

Tabela 4.3: Analiza rezultatov vprašalnikov SUS za vse navigacijske naprave.

4.4 Predstavitev računalniško zajetih podatkov

Med testiranjem je aplikacija beležila podatke o posameznem poskusu; v tabeli so predstavljeni rezultati za posamezno kategorijo.

	Računalniška miška	3D-miška	Leap Motion	Povprečni rezultat
Povprečni čas reševanja (sekunde)	36,6	35,4	64,5	45,5
Standardni odklon časa reševanja (sekunde)	27,1	28,4	46,6	37,6
Povprečna napaka rotacij (kotne stopinje)	9,33	7,64	11,64	9,5
Standardni odklon rotacij (kotne stopinje)	11,07	6,94	20,25	13,9
Povprečna napaka oddaljenosti (OpenGL enote)	34,1	52,9	58,8	48,6
Standardni odklon oddaljenosti (OpenGL enote)	80,1	60,7	71,7	72,0
Relativna povprečna napaka oddaljenosti	13,32 %	20,66 %	22,96 %	18,98 %
Standardni odklon relativne oddaljenosti	31,28 %	23,71 %	28 %	28,12 %

Tabela 4.4: Rezultati posameznih testiranj.

Relativna povprečna napaka oddaljenosti in standardni odklon relativne oddaljenosti sta izračunana glede na velikost čajnika po Y osi. Velikost čajnika je 256 OpenGL enot.

4.5 Predstavitev opažanj, zabeleženih s strani opazovalca

V naslednjem poglavju so zapisana opažanja posameznikov ob uporabi navigacijskih naprav in frekvenca pojavljanja te slabosti oziroma prednosti.

4.5.1 Računalniška miška

Komentar, opomba	Frekvenca
Natančno reševanje	5
Zoom s prevelikimi koraki (poskoki)	3
Preveč klikanja	10
Premajhno območje, kjer lahko objekt primeš	5
Pomanjkanje prostorske stopnje	8
Pomanjkanje nastavitve občutljivosti in drugih parametrov	5

Tabela 4.5: Pogostost pojavljanja opomb pri uporabi računalniške miške.

Predlogi za izboljšavo:

- Ob pritisku na desni miškin gumb bi lahko vklopili natančnejši nadzor pri približavi in natančnejše gibe, medtem ko bi bil brez pritisnjenega desnega miškega gumba nadzor nad modelom veliko bolj občutljiv na rotacije in bi imel večje skoke.
- Dodajanje možnosti nastavljanja občutljivosti miške in velikosti manipulacijske sfere, v nastavitvah bi bilo mogoče dobro, če bi lahko označili prikaz izrisa manipulacijske sfere.

4.5.2 3D-miška

Predlogi za izboljšavo:

Komentar/Opomba	Frekvenca
Enostavna in natančna uporaba	10
Uporaba z odklenjenimi osmi	3
Lahka orientacija v prostoru	3
Zamešanje ukazov (zoom in rotacija naprej)	2

Tabela 4.6: Pogostost pojavljanja opomb pri uporabi 3D-miške.

- Uporabniki niso izrazili nobene želje po izboljšavi, večini se je zdel sistem izredno enostaven za uporabo in najbolj priljubljen izmed vseh treh.

4.5.3 Leap Motion

Komentar/Opomba	Frekvenca
Potrebuje več časa, da se privadi na delovanje naprave	6
Uporaba naključnih gibov (reševanje s poskušanjem)	2
Preizkus uporabe stoje	7
Zmedenost ob uporabi	5
Natančnejši gibi lažji kot večji premiki	2
Utrujenost roke, menjava rok med uporabo	6
Želja po zaklepanju globinskega položaja	4
Kljub prvi uporabi dosežena visoka stopnja natančnosti	2

Tabela 4.7: Pogostost pojavljanja opomb pri uporabi Leap Motion.

Predlogi za izboljšavo:

- Po zaznavi roke naj naprava počaka 2 sekundi in naj nato začne orientacijo objekta prilagajati položaju roke.
- Zaklepanje oddaljenosti objekta za lažje upravljanje.
- Omejen prostor, ki ga imajo na voljo nevrokirurgi oziroma specialisti radiologi, naj bo vzet na znanje ob načrtovanju podobnih sistemov

4.6 Končna analiza

Rezultati, pridobljeni z uporabo vprašalnikov SUS, uvrstijo Leap Motion med najslabše ocenjeno napravo izmed treh. Z rezultatom 56,5 dobi na ocenjevalni lestvici oceno D oziroma pade v nizko mejo sprejemljivosti. Kljub slabemu rezultatu pa ima Leap Motion nekoliko boljšo oceno v kategoriji priučljivosti, saj je z oceno 15,6 točk boljša za 0,8 točke od računalniške miške. Računalniška miška s SUS rezultatom 72,4 dobi oceno B in pade v razred sprejemljivega uporabniškega vmesnika. Ob pogledu na rezultate lahko opazimo zanimiv pojav, saj obstajajo trije vrhovi ocene uporabnosti te naprave. En vrh se giblje okoli SUS rezultata 45, naslednji okoli 75 in tretji okoli 90 — 95. To bi lahko nakazovalo na to, koliko so sodelujoči vajeni upravljanja z miško. Nekateri se s tem srečujejo dnevno, zato se jim miška zdi v tem pogledu uporabna. Tisti, ki pa se s takšnimi aplikacijami oziroma upravljanjem v 3D prostoru ne srečujejo na dnevni ravni, pa so računalniško miško slabše ocenili. Najboljše SUS rezultate pa je dosegla 3D-miška, ki je z rezultatom 88,7 krepko presegla obe ostali napravi in dobila odlično oceno A-. 21 vprašalnikov SUS je 3Dmiški prisodilo oceno višjo od 90 točk, kar pomeni, da je uporabniški vmesnik 3D-miške dovolj dobro implementiran in intuitiven za širšo uporabo. 3D-miška je dosegla najboljši rezultat tudi v posameznih kategorijah priučljivosti (18,9) in uporabnosti (69,8).

Odgovori na vprašanja, ki so jih uporabniki dobili na koncu testiranja in so bila namenjena končnemu pregledu vseh treh naprav, so za napravo, ki ima največjo enostavnost uporabe, določili 3D-miško z zaklenjenimi osmi. Za najhitrejšo napravo za upravljanje rotacije pa 3D-miško z odklenjenimi osmi. Kar se tiče sterilnosti, je največ točk zbrala naprava Leap Motion. Na drugem mestu glede sterilnosti je pristala 3D-miška, saj so sodelujoči pripomnili, da se lahko navigacijsko napravo prekrije s sterilno preobleko in tako prepreči direktni stik z napravo.

Računalniško merjeni podatki nam pokažejo, da so bili uporabniki najbolj večji pri upravljanju z računalniško miško kot tudi 3D-miško. To je bilo vidno predvsem pri porabljenem času za posamezen primer, saj so bile časovne

meritve pri Leap Motionu skoraj dvakrat večje. Če bi postavili časovno omejitev reševanja na eno minuto in pol, bi bilo pri računalniški miški 8 nalog neveljavnih, pri 3D-miški 12 in Leap Motion napravi 42. Glede natančnosti je bila najboljša naprava 3D-miška, ki je z omogočanjem rotacij po vseh treh smereh uporabniku nudila največ pomoči pri izvajanju majhnih popravkov. Računalniška miška je dosegla najboljše rezultate pri natančnosti oddaljenosti od kamere, ampak je bil kljub temu standardni odklon pri napravi večji kot pri 3D-miški in Leap Motion. Takšen rezultat je bil pričakovan, saj zaradi zveznosti, napravi 3D-miška in Leap Motion omogočata, da uporabnik bolj natančno nastavi oddaljenost modela od zaslona. Pri računalniški miški, pa zaradi preskokov miškega kolesčka to ni mogoče.

Analiza zapiskov opazovalca in video posnetkov nam je pokazala, da s 3D-miško ni nobenih težav uporabe. Pri računalniški miški pa se pojavljala tretja stopnja kritičnosti problema: veliko klikanja za obračanje modela in premajhno območje, kjer lahko uporabnik zagrabi model. V četrto stopnjo kritičnosti pa pri računalniški miški sodijo preveliki koraki pri oddaljevanju objekta od kamere in pomanjkanje tretje prostorske stopnje, zaradi katere mora uporabnik porabiti nekoliko več časa, da lahko doseže zastavljeno orientacijo modela. Pri napravi Leap Motion pa se težave pojavljajo v vseh stopnjah kritičnosti. V prvo stopnjo sodi napaka, ki povzroči, da naprava med uporabo zamrzne in mora uporabnik umakniti roko izven vidnega polja in nato ponovno pričeti z manipulacijo. Med 105 poskusi se je ta težava pojavila v 7 primerih. Kritična napaka druge stopnje je pri Leap Motionu poskakovanje modela med menjavo položaja roke med seštevanjem manipulacij in preskoki med približavo modela. Zaradi tega mora uporabnik velikokrat izvajati manjše popravke, kar je nekoliko moteče. Pod kritično napako tretje stopnje se je pri nekaterih uporabnikih pojavljala zmeda, kako naj z napravo upravljajo; namesto gibov, ki smo jim jih pokazali v času priprav, so uporabljali samo en gib ali pa kretnje, ki sploh niso delovale.

Poglavje 5

Zaključek

Diplomska naloga je zajemala implementacijo 3D-miške in vmesnika Leap Motion v aplikacijo NeckVeins. Za testiranje implementacije je bila nato izvedena evalvacija vseh treh naprav, kjer smo rezultate dobili na podlagi vprašalnikov, ki so zajemali SUS-teste in dodatna vprašanja, ki so služila kot celotni pregled uporabnikove izkušnje in računalniškimi meritvami pretečenega časa in natančnosti ob reševanju testnih primerov v aplikaciji.

Rezultati so pokazali, da se je za najprimernejšo napravo, ki bi se lahko uporabljala med kirurškim posegom, izkazala 3D-miška zaradi svoje enostavnosti uporabe in oblike naprave, preko katere lahko enostavno nadenemo sterilno vrečko. Glede implementacije uporabniškega vmesnika za Leap Motion pa so uporabniki izrazili zaskrbljenost glede same konsistentnosti delovanja naprave in to, da bi za samozavestno upravljanje z napravo potrebovali več časa za se privaditi nanjo.

V okviru nadaljnjega dela želimo izpopolniti implementacijo vmesnika Leap Motion, saj je pred kratkim izšla nova različica razvojne knjižnice - Leap Motion SDK, ki zagotavlja stabilnejše delovanje naprave, več možnosti uporabe gest med uporabo in pa natančnejše spremljanje prstov na zaznani roki. V popravek bo vključen tudi način interakcije z modelom, na podoben način kot pri 3D-miški. To pomeni, da se bodo dosedanji premiki po zraku zmanjšali, kar bo neposredno vplivalo na utrujenost roke. Ravno tako je

treba odpraviti kritične napake, ki so se pojavljale med testiranjem.

V aplikacijo bomo dodali nastavitve za spreminjanje občutljivosti računalniške miške kot tudi velikosti korakov med samo približavo. Implementacija 3D-miške pa bo ostala nespremenjena.

Literatura

- [1] Quantitative usability-analysen mit der system usability scale (sus). <http://blog.seibert-media.net/blog/2011/04/11/usability-analysen-system-usability-scale-sus>. Accessed: 2014-09-04.
- [2] Nicola Bizzotto, Alessandro Costanzo, Leonardo Bizzotto, Dario Regis, Andrea Sandri, and Bruno Magnan. Leap motion gesture control with osirix in the operating room to control imaging first experiences during live surgery. *Surgical innovation*, page 1553350614528384, 2014.
- [3] Bojan Blažica, Daniel Vladušič, and Dunja Mladenčić. MTi: A method for user identification for multitouch displays. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(6):691–702, June 2013.
- [4] Ciril Bohak, Simon Žagar, Anže Sodja, Peter Škrlj, Uroš Mitrović, Franjo Pernuš, and Matija Marolt. Neck veins: an interactive 3{D} visualization of head veins. In *Proceedings of the 4th International Conference World Usability Day Slovenia 2013, 25 Nov, Ljubljana, Slovenia, E. Stojmenova (Ed.)*, pages 64–66, 2013.
- [5] John Brooke. Sus-a quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189:194, 1996.
- [6] Lars C Ebert, Gary Hatch, Garyfalia Ampanozi, Michael J Thali, and Steffen Ross. You can’t touch this touch-free navigation through radiological images. *Surgical innovation*, 19(3):301–307, 2012.

- [7] Where Did SUS Come From. Sus: a retrospective. *Journal of Usability Studies*, 8(2):29–40, 2013.
- [8] JR Lewis and Jeff Sauro. The factor structure of the system usability scale. *Human Centered Design*, 1:94–103, 2009.
- [9] YS Ryu, DR Do Hyong Koh, and D Um. Usability evaluation of touchless mouse based on infrared proximity sensing. *Journal of Usability Studies*, 7(1):31–39, 2011.

Poglavje 6

Priloge

6.1 Vodnik za moderatorja

Evalvacija uporabe različnih navigacijskih naprav - Navodila za moderatorja

Uvod

Uporabniku predstavimo okolje, ter mu razložimo metodologijo, ki jo bomo uporabljali na testiranju:

Cilj testiranja je ovrednotiti, katera naprava je najbolj primerna s stališča uporabnikov, za uporabo v različnih okoljih, tako da lahko z njo dosežemo največjo natančnost, učinkovitost, produktivnost in zadovoljstvo uporabnika med samo uporabo. Uporabnik na voljo 3 različne vmesnike za interakcijo in računalniški zaslon, na katerem bo lahko spremljal svoje akcije. Poleg informacij o samem poteku testiranja se bodo zabeležile tudi demografske značilnosti, zadovoljstvo uporabnika med samo uporabo ter komentarji ob uporabi samih vmesnikov (predlogi za morebitne izboljšave in/ali spremembe).

Nato uporabnika spoznamo s aplikacijo NeckVeins, kjer mu obrazložimo kakšen je namen aplikacije in kakšno je trenutno stanje v razvoju:

Odprtokodna aplikacija NeckVeins namenjena vizualizaciji 3D podatkov. V osnovi je namenjena vizualizaciji medicinskih podatkov. Aplikacija omogoča transformiranje pogleda v 3D prostoru in navigiranje skozi prostor. Aplikacija je bila izdelana kot pomoč zdravnikom v diagnostiki. V aplikacijo lahko naložimo 3D model, ki se v aplikaciji prikaže. Uporabnik lahko nadzira pogled v aplikaciji z različnimi vhodno/izhodnimi napravami (tipkovnica + miška, 3D miška, LeapMotion). Cilj je izdelati aplikacijo, ki bo čimbolj prijazna uporabniku in bo omogočala čim bolj intuitivno upravljanje s pogledom. Aplikacija se še vedno aktivno razvija v okviru študentskih projektov na Fakulteti za računalništvo in informatiko, prav tako pa se že izvajajo tudi preliminarne testiranja aplikacije s končnimi uporabniki.

Uporabnika seznanimo s pogoji za to testiranje in mu ponudimo obrazec, v katerem da pisno privoljenje, da se ga lahko med samim testiranjem snema, z namenom kasnejše obdelave podatkov.

Začetek testiranja (zagon aplikacije)

Zagon aplikacije lahko poteka med prebiranjem navodil za prvo fazo testiranja.

Poženemo aplikacijo (NeckVeins.jar). ID številka uporabnika se samodejno generira ob zagonu, tako da jo samo vpišemo polje v vprašalniku in jo sporočimo opazovalcu. Nato izberemo kateri tip navigacijske naprave bomo uporabljali:

- F1 - miška
- F2 - 3d miška

- F3 - LeapMotion

Sekvenca testiranja (za posamezni primer)

1. Pritisnemo **[Enter]** (ponastavitev modela)
2. Izberemo testni primer **[Numpad 0...Numpad 6]**
3. Pritisnemo **[Preslednica]**, nato uporabniku dovolimo, da navigira z napravo.
4. Ko uporabnik potrdi, da je opravil nalogo, ponovo pritisnemo **[preslednica]**, rezultati se bodo avtomatsko zabeležili.
5. Ponavljamo korake, dokler ne pridemo do zadnjega primera (6). Ko je ta zaključen, lahko začnemo s naslednjim poglavjem.

Konec testiranja (pravilen izhod iz aplikacije)

Ko je uporabnik zaključil s testiranjem vseh nalog (ali pa je prišlo do predčasnega zaključka), moramo aplikacijo zapustiti s klikom na gumb **[Izhod]**, ta akcija bo sprožila generiranje poročila o uporabnikovih rezultatih, ki bodo objavljeni v datoteki z imenom "*uporabnikovId.csv*". Datoteka se bo shranila v isto mapo, kjer je NeckVeins.jar. Zaželeno je, da se potem ta datoteka kopira na neko mesto, kjer bodo vsi rezultati zbrani.

Testiranje z miško

1. Uporabniku predamo list z navodili za uporabo miške, uporabnik naj nato prebere navodila in po potrebi vpraša če ga še karkoli dodatnega zanima. Ko se program zažene **pritisnemo [F1]** in s tem omogočimo samo delovanje miške.
2. Nato predamo uporabniku miško, in mu dovolimo, da se približno 2 minuti spozna z napravo. Ko je uporabnik pripravljen, lahko pričnemo s testiranjem.
3. Uporabnik naj reši prvi del vprašalnika (pred testiranjem). Nato pričnemo s samim preizkusom.
4. Testiranje
5. Ko uporabnik zaključi s vsemi testnimi primeri, mu damo navodila naj reši še drugi del vprašalnika (usability test).

Testiranje s 3D miško

1. Uporabniku predamo list z navodili za uporabo 3D miške, uporabnik naj nato prebere navodila in po potrebi vpraša če ga še karkoli dodatnega zanima. Omogočimo delovanje 3D miške s pritiskom tipke **[F2]**.
2. Uporabnik ima na voljo za spoznavanje ponovno približno 2 minuti, v vmesnem času mu lahko pomagamo z nastavitvijo občutljivosti same miške, s spreminjanjem vrednosti

drsnika v oknu nastavitve 3D Miške -> 1. drsnik.

3. Uporabnik naj reši prvi del vprašalnika(pred testiranjem). Nato pričnemo s samim preizkusom.
4. Testiranje
5. Ko uporabnik zaključi s vsemi testnimi primeri, mu damo navodila naj reši še drugi del vprašalnika(usability test).

Testiranje z LeapMotion

1. Uporabniku predamo list z navodili za uporabo LeapMotion-a, uporabnik naj nato prebere navodila in po potrebi vpraša če ga še karkoli dodatnega zanima. Omogočimo delovanje LeapMotion-a s pritiskom tipke **F3**.
2. Uporabnik ima na voljo za spoznavanje ponovno približno 2 minuti, v vmesnem času mu lahko pomagamo z nastavitvijo občutljivosti samega senzorja, s spreminjanjem vrednosti drsnika v oknu nastavitve 3D Miške -> 2. drsnik.
3. Uporabnik naj reši prvi del vprašalnika(pred testiranjem). Nato pričnemo s samim preizkusom.
4. Testiranje
5. Ko uporabnik zaključi s vsemi testnimi primeri, mu damo navodila naj reši še drugi del vprašalnika(usability test).

Končna diskusija

Uporabnika povprašamo o mnenju:

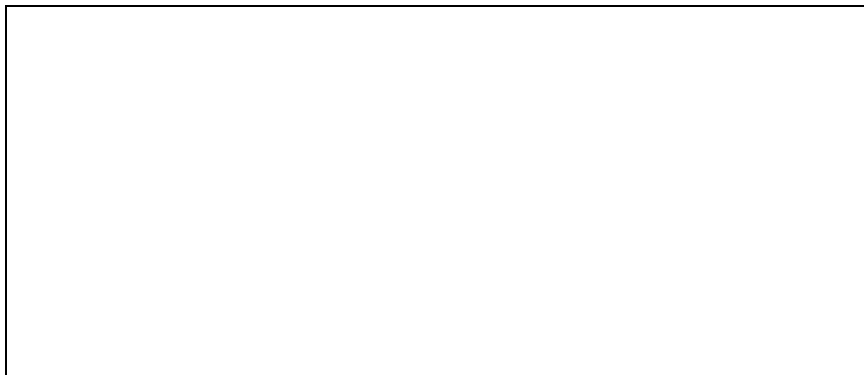
- glede same aplikacije,
- o uporabi posameznega vmesnika,
- o samem testiranju.

6.2 Obrazec za opazovalca

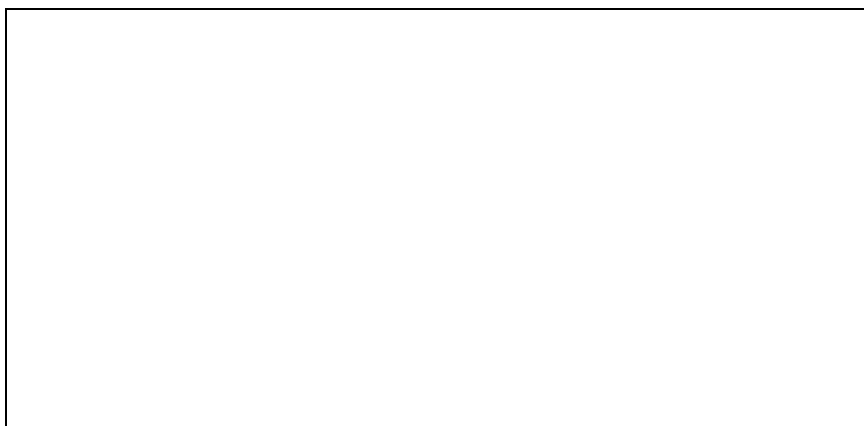
Evalvacija uporabe različnih navigacijskih naprav - Obrazec za opazovalca

ID uporabnika: _____

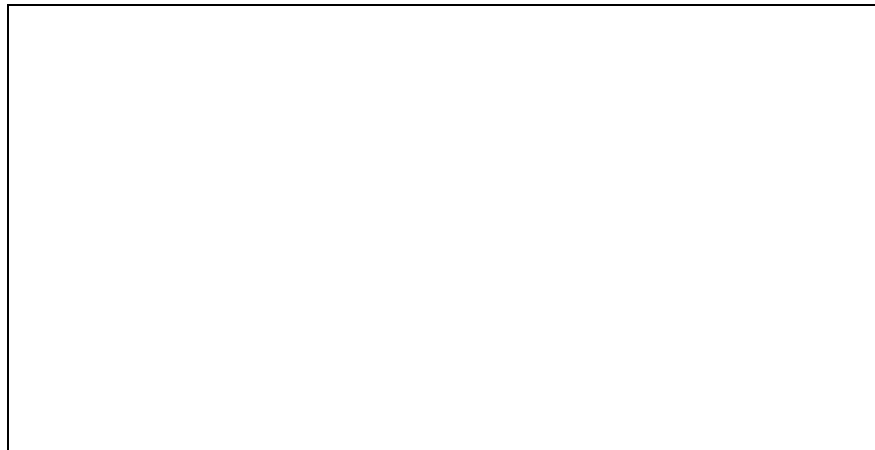
Miška



3d Miška



LeapMotion



Opombe



6.3 Opis modularnosti

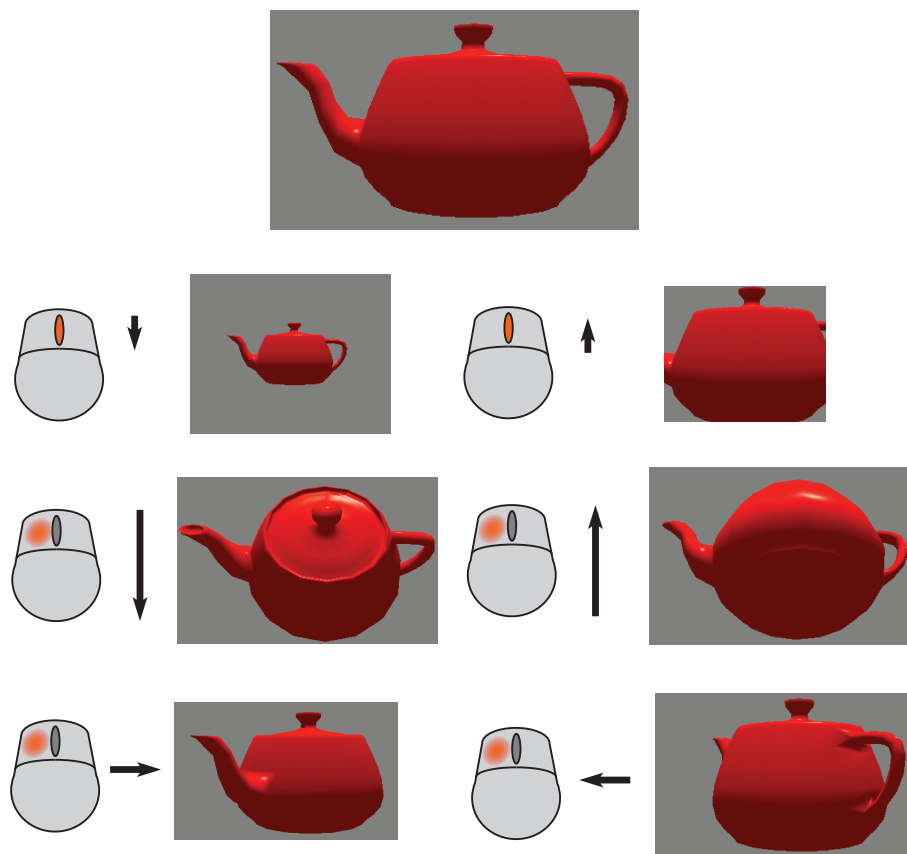
Navadna miška

Upravljanje modela z miško je ena izmed najpogostejših izbir razvijalcev pri interakciji s 3D modeli. Z levim klikom miške na model izberemo začetno pozicijo in nato s premiki miške levo/desno, gor/dol usmerjamo rotacijo modela.

Z miškinim kolescem upravljamo tudi povečavo objekta, in sicer tako, da z vrtenjem kolesca proč od nas povečujemo razdaljo do objekta, z vrtenjem proti nam pa se razdalja med nami in objektom manjša.

Uporaba miške v programu NeckVeins je bila že v začetku mišljena skupaj z uporabo tipkovnice, s katero usmerjamo samo kamero. Navigacija kamere v to testiranje ni vključena, zato so vse naloge omejene na rotacije in oddaljenost objekta od nas.

Primeri uporabe:



3D Miška - 3Dconnexion, SpaceNavigator

3D miške, kot so SpaceNavigator, se uporabljajo že kar nekaj časa v okoljih, kjer je enostavnost premikanja po prostoru nuja (trenutno ga podpira že več kot 260 svetovno znanih aplikacij tako za namene 3D navigacije kot tudi 2D).

V programu NeckVeins je 3D miška ustvarjena tako, da lahko uporabnik izbira, ali želi nadzorovati kamero v 3D prostoru ali pa želi manipulirati s samim objektom. S sukanjem miške nadzorujemo rotacije samega objekta (kamere ali modela), z zamiki levo/desno, naprej/nazaj ali gor/dol pa kontroliramo položaj kamere v prostoru.

Za namene testiranja bodo omogočene samo rotacije objekta ter premik kamere naprej/nazaj.

Primeri uporabe:



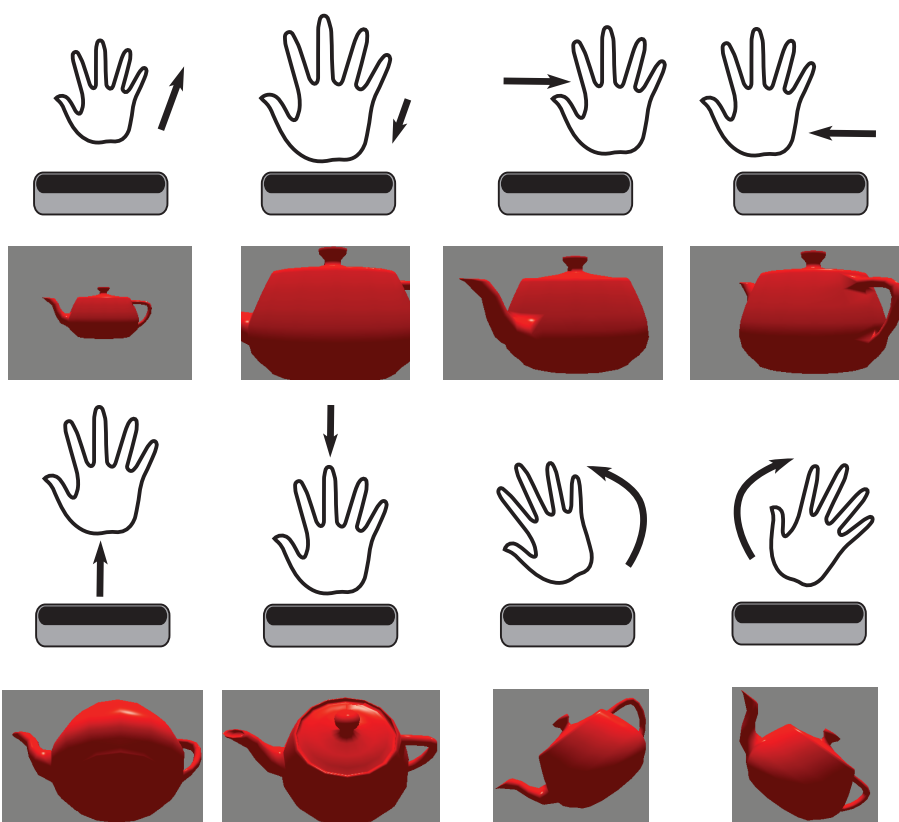
Leap Motion

Leap Motion je novost na trgu in omogoča upravljanje z napravami preko brezdotičnega vmesnika, ki deluje s pomočjo zaznave uporabnikove dlani v prostoru. Napravo sestavljata 2 kameri, ki s pomočjo infrardeče luči zaznavata premikanje v prostoru (do razdalje enega metra), različni gibi so nato povezani v različne interakcijske ukaze.

Manipulacija objekta se prične, ko uporabnik nad napravo postavi svojo dlan (prsti so skupaj) in jo razpre. S premikom dlani levo/desno upravlja z rotacijo objekta po vertikalni osi, s premiki gor/dol pa po horizontalni osi. Če uporabnik premakne roko naprej ali nazaj, s tem povzroči, da se predmet oddalji ali približa uporabniku. Naprava zaznava tudi nagib dlani in prilagaja nagnjenost modela.

Premike lahko seštevamo če damo prste skupaj, se premaknemo na novo pozicijo in ponovno razpremo dlan.

Primeri uporabe:



6.4 Soglasje o zajemu avdio/video vsebine testiranja

Evalvacija uporabe različnih navigacijskih naprav

Soglasje o zajemu audio/video vsebine testiranja

Spodaj podpisani soglašam s tem, da se celotna evalvacija navigacijskih naprav, snema z video kamero. S podpisom soglašam tudi s tem, da so posnetki last Laboratorija za računalniško grafiko in multimedije, Fakultete za računalništvo in informatiko, Univerze v Ljubljani, z namenom kasnejših analiz v primeru pojavljanja anomalij pri rezultatih testiranja.

V kolikor s snemanjem testiranja ne soglašate, se lahko samo testiranje kljub temu nadaljuje vendar brez snemanja.

Ime in priimek: _____

Kraj, datum: _____

Podpis: _____

6.4. SOGLASJE O ZAJEMU AVDIO/VIDEO VSEBINE TESTIRANJA⁵⁵

6.5 Vprašalnik, ki je bil uporabljen med testiranjem

Evalvacija uporabe različnih navigacijskih naprav

* **Zahtevano**

1. **Uporabnikov ID(Moderator) ***

Izpisano na zaslonu aplikacije

.....

2. **Opis testiranja in pogoji uporabe**

Prebral sem in se strinjam z uporabo videokamere za snemanje poteka testiranja, z namenom kasnejše analize lastnih interakcij z navigacijskimi napravami.

Označite samo en oval.

☐

Strinjam se

☐

Ne strinjam se

Prenehajte izpolnjevati obrazec.

Osebni podatki

3. **Spol**

Označite samo en oval.

☐

moški

☐

ženski

4. **Starost**

Označite samo en oval.

☐

Manj kot 16

☐

16-18

☐

18-24

☐

25-34

☐

35-44

☐

45-54

☐

55-64

☐

65-74

☐

75 ali več

6.5. VPRAŠALNIK, KI JE BIL UPORABLJEN MED TESTIRANJEM⁵⁷

5. Trenutni status

Označite samo en oval.

- ☐ dijak, študent
- ☐ zaposlen
- ☐ honorarno zaposlen
- ☐ svoboden poklic
- ☐ nezaposlen
- ☐ Drugo:

6. Dosežena stopnja izobrazbe

Označite samo en oval.

- ☐ osnovnošolska izobrazba
- ☐ poklicna izobrazba
- ☐ srednješolska izobrazba
- ☐ višje ali visokošolska izobrazba
- ☐ univerzitetna izobrazba
- ☐ magisterij
- ☐ specializacija, doktorat
- ☐ Drugo:

Dosedanja znanja

Da bi lahko sestavili čim bolj objektivno sliko o uporabnosti posamezne navigacijske naprave, bi radi izvedeli več o vaših dosedanjih izkušnjah z interakcijo s 3D modeli in samo manipulacijo le teh.

7. Znanja in izkušnje *

Za vsako trditev podaj stopnjo strinjanja na lestvici od 1 - 'sploh se ne strinjam' do 5 - 'se povsem strinjam'.

Označite samo en oval na vrstico.

	1	2	3	4	5
Za aplikacijo NeckVeins sem že slišal in vem kakšen je njen namen uporabe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Imam izkušnje s manipulacijo pogledov na 3D model.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vem, kako naj bi potekala manipulacija modela z miško.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
S 3D navigacijsko napravo imam že veliko izkušenj pri manipulaciji 3D modelov.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vem, kaj pomeni rotacija in kaj translacija v prostoru.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Imam že izkušnje z različnimi navigacijskimi napravami, kot so igralne palice ali igralni ploščki.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Testiranje interakcije uporabnika s pomočjo tipkovnice in

miške

Prvo poglavje testiranja zajema 7 testov, ki jih poizkusite dokončati v določenem času(5min). Trajanje vsakega vašega reševanja se bo beležilo. Pred pričetkom testiranja, so vam na razpolago 5 min, da se spoznate s navigacijsko napravo in samim programom NeckVeins.

Če imate kakršnokoli vprašanje, vam je na razpolago moderator. Ko se preizkus enkrat prične vprašanja niso več dovoljena.

Pred testiranjem

8. Splošna vprašanja o navigacijski napravi

Za vsako trditev podaj stopnjo strinjanja na lestvici od 1 - 'sploh se ne strinjam' do 5 - 'se povsem strinjam'.

Označite samo en oval na vrstico.

	1	2	3	4	5
Seznanjen sem s konceptom nalog, ki jih bom moral reševati	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Na razpolago sem imel dovolj časa, da se privadim na delovanje naprave.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Po testiranju

6.5. VPRAŠALNIK, KI JE BIL UPORABLJEN MED TESTIRANJEM 59

9. Vprašalnik SUS - izpolni uporabnik

Za vsako trditev podaj stopnjo strinjanja na lestvici od 1 - 'sploh se ne strinjam' do 5 - 'se povsem strinjam'. Če trditev ni primerna za testirani sistem, jo oceni s 3.

Označite samo en oval na vrstico.

	1	2	3	4	5
Menim, da bi ta sistem rad pogosto uporabljal.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel po nepotrebnem zapleten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel enostaven za uporabo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menim, da bi za uporabo tega sistema potreboval pomoč tehnika.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Različne funkcije tega sistema so se mi zdele dobro povezane v smiselno celoto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel preveč nekonsistenten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menim, da bi se večina uporabnikov zelo hitro naučila uporabljati ta sistem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel neroden za uporabo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pri uporabi sistema sem bil zelo suveren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Preden sem osvojil uporabo tega sistema, sem se moral naučiti veliko stvari.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Testiranje interakcije uporabnika s pomočjo 3D space navigator miške

Drugo poglavje testiranja ponovno zajema 7 testov, ki jih poizkusite dokončati v določenem času (5min). Trajanje vsakega vašega reševanja se bo beležilo. Pred pričetkom testiranja, so vam na razpolago 5 min, da se spoznate s navigacijsko napravo in samim programom NeckVeins.

Če imate kakršnokoli vprašanje, vam je na razpolago moderator. Ko se preizkus enkrat prične vprašanja niso več dovoljena.

Pred testiranjem

10. Splošna vprašanja o navigacijski napravi

Za vsako trditev podaj stopnjo strinjanja na lestvici od 1 - 'sploh se ne strinjam' do 5 - 'se povsem strinjam'.

Označite samo en oval na vrstico.

	1	2	3	4	5
Seznanjen sem s konceptom nalog, ki jih bom moral reševati	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Na razpolago sem imel dovolj časa, da se privadim na delovanje naprave.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Po testiranju**11. Vprašalnik SUS - izpolni uporabnik**

Za vsako trditev podaj stopnjo strinjanja na lestvici od 1 - 'sploh se ne strinjam' do 5 - 'se povsem strinjam'. Če trditev ni primerna za testirani sistem, jo oceni s 3.

Označite samo en oval na vrstico.

	1	2	3	4	5
Menim, da bi ta sistem rad pogosto uporabljal.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel po nepotrebnem zapleten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel enostaven za uporabo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menim, da bi za uporabo tega sistema potreboval pomoč tehnika.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Različne funkcije tega sistema so se mi zdele dobro povezane v smiselno celoto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel preveč nekonsistenten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menim, da bi se večina uporabnikov zelo hitro naučila uporabljati ta sistem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel neroden za uporabo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pri uporabi sistema sem bil zelo suveren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Predem sem osvojil uporabo tega sistema, sem se moral naučiti veliko stvari.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Testiranje interakcije uporabnika s pomočjo naprave**LeapMotion**

Tretje in tokrat zadnje poglavje testiranja zajema 7 testov, ki jih poizkusite dokončati v določenemu času(5min). Trajanje vsakega vašega reševanja se bo beležilo. Pred pričetkom testiranja, so vam na razpolago 5 min, da se spoznate s navigacijsko napravo in samim programom NeckVeins.

Če imate kakršnokoli vprašanje, vam je na razpolago moderator. Ko se preizkus enkrat prične

6.5. VPRAŠALNIK, KI JE BIL UPORABLJEN MED TESTIRANJEM61

vprašanja niso več dovoljena.

Pred testiranjem

12. Splošna vprašanja o navigacijski napravi

Za vsako trditev podaj stopnjo strinjanja na lestvici od 1 - 'sploh se ne strinjam' do 5 - 'se povsem strinjam'.

Označite samo en oval na vrstico.

	1	2	3	4	5
Seznanjen sem s konceptom nalog, ki jih bom moral reševati	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Na razpolago sem imel dovolj časa, da se privadim na delovanje naprave.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Po testiranju

13. Vprašalnik SUS - izpolni uporabnik

Za vsako trditev podaj stopnjo strinjanja na lestvici od 1 - 'sploh se ne strinjam' do 5 - 'se povsem strinjam'. Če trditev ni primerna za testirani sistem, jo oceni s 3.

Označite samo en oval na vrstico.

	1	2	3	4	5
Menim, da bi ta sistem rad pogosto uporabljal.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel po nepotrebnem zapleten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel enostaven za uporabo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menim, da bi za uporabo tega sistema potreboval pomoč tehnika.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Različne funkcije tega sistema so se mi zdele dobro povezane v smiselno celoto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel preveč nekonsistenten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menim, da bi se večina uporabnikov zelo hitro naučila uporabljati ta sistem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistem se mi je zdel neroden za uporabo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pri uporabi sistema sem bil zelo suveren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Preden sem osvojil uporabo tega sistema, sem se moral naučiti veliko stvari.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mnenja o testiranju

Samega testiranja je konec, sedaj bi radi pridobili še vaša mnenja o sledečih vprašanjih.

14. Enostavnost uporabe

Za vsako napravo bi radi izvedeli, kakšno oceno bi ji dali na lestvici od 1 - 'zahteven za uporabo' do 7 - 'izredno enostavna', kjer naj bi ocena 4 pomenila: "Za rokovanje z napravo, bi potreboval več časa."

Označite samo en oval na vrstico.

	1	2	3	4	5	6	7
Miška in tipkovnica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D miška brez zaklenjenih osi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D miška s zaklenjenimi osmi rotacije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leap Motion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Hitrost prilagajanja rotacij 3d objekta

Za vsako napravo bi radi izvedeli, kakšno oceno bi ji dali na lestvici od 1 - 'zelo neodzivna' do 7 - 'odzivnost dovolj velika'

Označite samo en oval na vrstico.

	1	2	3	4	5	6	7
Miška in tipkovnica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D miška brez zaklenjenih osi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D miška s zaklenjenimi osmi rotacije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leap Motion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Primernost uporabe vmesnika v okolju, kjer so visoke zahteve po sterilnosti.

Za vsako napravo bi radi izvedeli, kakšno oceno bi ji dali na lestvici od 1 - 'neprimerna' do 7 - 'primeren'

Označite samo en oval na vrstico.

	1	2	3	4	5	6	7
Miška in tipkovnica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D miška brez zaklenjenih osi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D miška s zaklenjenimi osmi rotacije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leap Motion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Predlogi za izboljšavo

Če ste med testiranjem naleteli na kakšno svojo idejo, kako bi uporabo naprav prilagodili, za še boljšo odzivnost in enostavnost uporabe, lahko v spodnje polje zapišete svoje opombe in komentarje.
